

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-166630  
(43)Date of publication of application : 24.06.1997

(51)Int.Cl.

G01R 23/02  
// H02H 3/46

(21)Application number : 07-327024  
(22)Date of filing : 15.12.1995

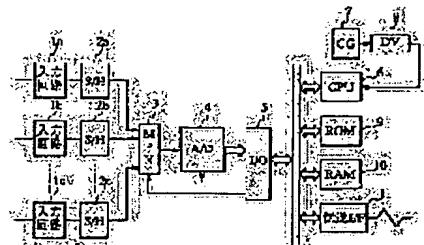
(71)Applicant : NISSIN ELECTRIC CO LTD  
(72)Inventor : TSUNODA TAKANORI  
KAMURA TSUTOMU  
SHIRAI KOJI

### (54) FREQUENCY MEASURING APPARATUS

#### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a frequency measuring apparatus by which a frequency is measured with high accuracy by finding, on the basis of data in a plurality of front and rear points sandwiching zero-crossing points, the timing of every zero-crossing point and detecting the time between the two adjacent zero-crossing points as one cycle of the fundamental frequency of an input signal.

**SOLUTION:** A CPU 6 executes a program which is written in a ROM 9 in advance, stores sampled data in a RAM 10, and measures a frequency in the following way. Data in a channel to which a voltage signal out of stored data in the RAM 10 is input is read out, and the mean value of data in a total of three points, i.e., a latest point, a point preceding one point and a point preceding two points, is found, and a moving-average processing operation in which the mean value is used as averaged data preceding one point is repeated. On the basis of data in a plurality of points sandwiching a zero-crossing point, the timing of the zero-crossing point is found. While the time between adjacent zero-crossing points is used as one cycle of the fundamental frequency of an input signal, the fundamental frequency is found. Frequency can be measured with high accuracy without being influenced by harmonic or noise.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

545384 JP |

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-166630

(43)公開日 平成9年(1997)6月24日

(51) Int.Cl.<sup>o</sup>  
G 0 1 R 23/02  
// H 0 2 H 3/46

識別記号

府内整理番号

F 1

G 0 1 R 23/02  
H 0 2 H 3/46

技術表示箇所

D

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全7頁)

(21)出願番号

特願平7-327024

(22)出願日

平成7年(1995)12月15日

(71)出願人 000003942

日新電機株式会社

京都府京都市右京区梅津高畠町47番地

(72)発明者 角田 孝典

京都府京都市右京区梅津高畠町47番地 日

新電機株式会社内

(72)発明者 加村 勉

京都府京都市右京区梅津高畠町47番地 日

新電機株式会社内

(72)発明者 白井 浩司

京都府京都市右京区梅津高畠町47番地 日

新電機株式会社内

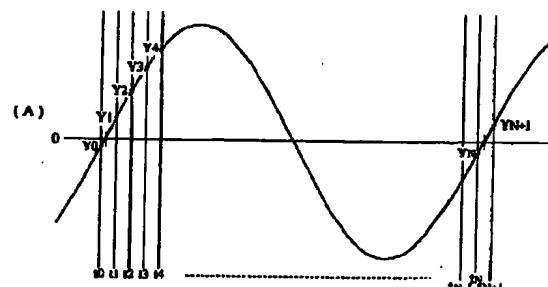
(74)代理人 弁理士 小森 久夫

(54)【発明の名称】周波数測定装置

(57)【要約】

【課題】アナログフィルタを特に設けることなく、また入力信号のレベルにヒステリシスをもたせて二値化する必要をなくして、しかも高調波成分やノイズ成分が比較的多くても正しく周波数測定を行う。

【解決手段】入力信号を一定周期でサンプリングし、これをデジタルデータに変換し、ゼロクロス点を挟む複数点のデータに基づいて各々のゼロクロス点のタイミングを求め、隣接するゼロクロス点間の時間を入力信号の基本波周波数の1周期として検出し、これから入力信号の周波数を求める。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力信号を一定周期でサンプリングし、これをデジタルデータに変換してデータ列を求める手段と、前記データ列からそれぞれゼロクロス点を挟む前後の複数点のデータに基づいて各々のゼロクロス点のタイミングを求める手段と、ゼロレベルをそれぞれ同一方向にクロスする隣接する2つのゼロクロス点間の時間を入力信号の基本波周波数の一周期として検出して当該入力信号の基本波周波数を求める手段とを備えた周波数測定装置。

【請求項2】 入力信号を一定周期でサンプリングし、これをデジタルデータに変換してデータ列を求める手段と、前記データ列からゼロレベルをそれぞれ同一方向にクロスするゼロクロス点を検出するゼロクロス点検出手段と、隣接する2つのゼロクロス点間の時間を入力信号の基本波周波数の一周期として検出して当該入力信号の基本波周波数を求める手段とを備えた周波数測定装置であつて、

予め設定されている入力信号の予測基本波周波数における1周期の中央部およびその近傍での前記ゼロクロス点検出手段によるゼロクロス点の検出を無効にする手段を設けた周波数測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、電力系統の周波数などを測定する周波数測定装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来より、例えば発電所や変電所などにおいて母線電圧などの系統周波数の監視を行うためにテレメータ盤(TM盤)や系統現象観測装置などによって系統の周波数測定が行われている。

【0003】 電力系統の周波数を測定する場合、従来は入力信号を二値化し、矩形波信号を生成し、その矩形波信号の周期を基準クロック信号で計数することによって周波数を算出するようにしている。図9はその例を示す波形図であり、(A)は入力信号の波形、(B)はこれを二値化して得た矩形波信号の波形である。入力信号を二値化する際、入力信号に含まれている高調波成分やノイズによる影響を受けて、例えば基本波周波数の1周期内に多数のゼロクロス点が存在する場合でも、これを例えば(C)のように誤って二値化しないように、入力信号のゼロクロス点を中心として一定のレベルを不感帯とし、立ち上がり時の基準レベルと立ち下がり時の基準レベルに差をもたせて、すなわちヒステリシスをもたせて二値化を行っている。また、その他に、高調波やノイズによる影響を受けないように、基本波周波数の高調波成分をカットするアナログフィルタを設け、フィルタリングを行った信号について二値化を行う方法が採られている。

## 【0004】

10

【発明が解決しようとする課題】ところが、信号レベルにヒステリシスをもたせて二値化する方法では、不感帯の幅により測定可能な波形のレベルが制限されるため、例えば事故発生時の波形などを扱う装置には適さないといいう問題があった。また、上述のアナログフィルタを用いて高調波やノイズによる影響を抑制する方法では、コストが嵩むだけでなくその設置スペースを確保しなければならなかった。尚、入力信号を一定周期でサンプリングし、AD変換して求めたデータ列からゼロクロス点を検出する方法もあるが、波形の傾き(下降方向にあるのか、上昇方向にあるのか)の判定とそれぞれに応じた二値化のためのしきい値の設定処理が煩雑になる。

【0005】この発明の目的は上述したアナログフィルタを特に設けることなく、また入力信号のレベルにヒステリシスをもたせて二値化する必要をなくして、それによる上述の欠点を解消した周波数測定装置を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】この発明の周波数測定装置は、入力信号のレベルにヒステリシスをもたせて二値化することなく、しかも高調波やノイズによる影響を受けずに高精度に周波数測定を行えるようにするため、請求項1に記載のとおり、入力信号を一定周期でサンプリングし、これをデジタルデータに変換してデータ列を求める手段と、前記データ列からそれぞれゼロクロス点を挟む前後の複数点のデータに基づいて各々のゼロクロス点のタイミングを求める手段と、ゼロレベルをそれぞれ同一方向にクロスする隣接する2つのゼロクロス点間の時間を入力信号の基本波周波数の一周期として検出して当該入力信号の基本波周波数を求める手段とを備える。

【0007】また、この発明は入力信号を一定周期でサンプリングし、これをデジタルデータに変換してデータ列を求める手段と、前記データ列からゼロレベルをそれぞれ同一方向にクロスするゼロクロス点を検出手段と、隣接するゼロクロス点間の時間を入力信号の基本波周波数の一周期として検出して当該入力信号の基本波周波数を求める手段とを備えた周波数測定装置であつて、入力信号の基本波周波数の周期による1周期を誤りなく検出して周波数測定を行うために、請求項2に記載のとおり、予め設定されている入力信号の予測基本波周波数における1周期の中央部およびその近傍での前記ゼロクロス点検出手段によるゼロクロス点の検出を無効にする手段を設ける。

【0008】請求項1に係る周波数測定装置では入力信号が一定周期でサンプリングされ、これがデジタルデータに変換されてデータ列が求められ、このデータ列からそれぞれゼロクロス点を挟む複数点のデータに基づいて各々のゼロクロス点のタイミングが求められる。図1はこの場合の例について示している。図1において(A)

50

3

は入力信号の波形、(B) はその 2 つのゼロクロス点付近の拡大波形図である。図 1 の (A) に示すように、 $t_1, t_2, t_3 \dots$  のように一定周期で入力信号をサンプリングし、 $Y_0, Y_1, Y_2 \dots$  のデジタルデータ列を求める。これらのデータ列から 0 レベルをクロスするゼロクロス点を挟む 2 点のデータ  $Y_0, Y_1$  を求める。ここでサンプリング周期を  $\Delta t$  として、 $Y_0, Y_1$  から直線補間によってゼロクロスタイミングを求めれば、このゼロクロス点のタイミングは図 1 の (B) に示すように、

【0009】

【数 1】

$$\Delta t = \frac{Y_0}{Y_0 - Y_1}$$

【0010】で求められる。また、このゼロクロス点に続く次のゼロクロス点を挟む 2 点のデータ  $Y_N, Y_{N+1}$  を基に、次のゼロクロス点のタイミングは同様に、

【0011】

【数 2】

$$\Delta t = \left( N + \frac{Y_N}{Y_N - Y_{N+1}} \right)$$

【0012】で求められる。ここで  $N$  は  $N$  番目にサンプリングされたことを示す値である。従ってこの 2 つのゼロクロス点間の時間

【0013】

【数 3】

$$T = \Delta t = \left( N + \frac{Y_N}{Y_N - Y_{N+1}} - \frac{Y_0}{Y_0 - Y_1} \right)$$

【0014】が入力信号の基本波周波数の 1 周期として求められ、

【0015】

【数 4】

$$f' = \frac{1}{\Delta t = \left( N + \frac{Y_N}{Y_N - Y_{N+1}} - \frac{Y_0}{Y_0 - Y_1} \right)}$$

【0016】として入力信号の基本波周波数が求められる。

【0017】請求項 2 に係る周波数測定装置では、入力信号が一定周期でサンプリングされ、そのデジタルデータのデータ列からゼロレベルをそれぞれ同一方向にクロスするゼロクロス点が検出され、隣接する 2 つのゼロクロス点間の時間が入力信号の基本波周波数の 1 周期として検出されて、当該入力信号の基本波周波数が求められるが、ゼロクロス点が検出されてから、予測される周波数すなわち入力信号の予測基本波周波数として予め設定されている周波数における 1 周期の中央部およびその近傍でのゼロクロス点の検出が無効にされる。例えば図 2 に示すように、予測される 1 周期を  $T$  すれば、 $T/2$  のタイミングである  $t_b$  付近におけるゼロクロス点が無視される。もし、入力信号に高調波やノイズが多く含まれ

ていれば、図 2 に示すように半周期付近の  $t_b$  においてゼロレベルを負から正方向にクロスするゼロクロス点が擬似的に生じ易くなるが、この部分におけるゼロクロス点は無視され、それ以降の  $t_a'$  に生じるゼロクロス点が検出される。このことは、いわば 1 周期の中央部付近を時間軸上の不感帯としたことに等しい。これにより高調波成分やノイズ成分が比較的多くても、正しく周波数測定が行われる。

【0018】

【発明の実施の形態】この発明の実施形態である周波数測定装置の構成をブロック図として図 3 に示す。図 3 において入力回路  $1a, 1b \dots 1c$  は、測定対象の母線などに設けられている PT および CT の出力信号を入力する補助 PT および補助 CT である。サンプルホールド回路  $2a, 2b \dots 2c$  は入力回路  $1a, 1b \dots 1c$  の出力信号をサンプルホールドする。マルチプレクサ 3 はサンプルホールド回路  $2a, 2b \dots 2c$  の内いずれか 1 つの信号を選択して AD コンバータ 4 へ与える。AD コンバータ 4 はこれをデジタルデータに変換する。CPU 6 は ROM 9 に予め書き込んだプログラムを実行してサンプリングされたデータを順次 RAM 10 の所定エリアに格納するとともに後述する処理によって周波数測定を行う。CPU 6 は I/O ポート 5 を介して AD コンバータ 4、マルチプレクサ 3 および各サンプルホールド回路  $2a, 2b \dots 2c$  に対しタイミング信号を与えるとともに、AD コンバータ 4 により変換されたデータを読み取る。伝送インターフェース 11 は求めた周波数データなどをホスト装置へ伝送する場合などのデータの伝送制御を行う。クロックジェネレータ 7 は CPU 6 などに対し基準クロック信号を与える。分周器 8 はクロック信号を分周して、例えば 50.0Hz の 1 周期を 32 点サンプリングするのに相当する周期 (0.625 ms) で CPU 6 に対して割り込み信号を与える。後述するように、この割り込み信号に応答して、CPU 6 はサンプリングデータを RAM 10 の所定エリアに蓄積記憶する。

【0019】図 4 はゼロクロス点のタイミングを求める方法を示す図であり、この例では、 $Y_a, Y_b, Y_c, Y_d$  の 4 点のデータを基に、まず  $Y_a, Y_b, Y_c$  の 3 点の平均値  $Y_b'$  を求め、また  $Y_b, Y_c, Y_d$  の 3 点の平均値  $Y_c'$  を求め、この 2 つの平均値  $Y_b', Y_c'$  の線分と 0 レベルとの交差点をゼロクロス点として求める。このことは、連続する 3 つのデータについて移動平均を行って、ゼロクロス点を挟む 2 点の平均化されたデータに基づいてゼロクロス点のタイミングを求めるのに等しい。

【0020】図 5 はサンプリングタイミング毎に行われる割り込み処理の手順を示すフローチャートである。まず現在のサンプリングが何番目のサンプリングに相当するかをカウントし、各チャンネルの入力信号をサンプリングし、チャンネル毎に AD 変換を行い、その値を RA

M10の所定エリアに蓄積する。

【0021】図6は周波数測定のための処理手順を示すフローチャートである。まずRAM10の所定エリアに蓄積記憶されているデータのうち電圧信号を入力するチャンネルのデータを読み出し、最新のデータと1点前のデータおよび2点前のデータの計3点のデータの平均値を求め、これを1点前の平均化データとして求める処理を行う( $n_1 \rightarrow n_2$ )。このような移動平均化処理を行うとともに、平均値の値が0レベルを超えたか否かを判定し、超えるまで上記の処理を繰り返す( $n_3 \rightarrow n_1 \rightarrow \dots$ )。例えば図4の例では、 $Y_c$ のデータを読み出し、すでに読み出しているデータ $Y_b$ ,  $Y_a$ とともにこれら3点のデータの平均値 $Y_b'$ を求める。次のループで $Y_d$ を読み出し、 $Y_d$ ,  $Y_c$ ,  $Y_b$ の平均値 $Y_c'$ を求める。この $Y_c'$ の極性が $Y_b'$ に比較して反転したなら、ゼロクロス点を通過したものと見なし、 $Y_b'$ ,  $Y_c'$ を $Y_0$ ,  $Y_1$ として記憶する( $n_4$ )。続いて、予め設定されている入力信号の予測基本波周波数の略3/4波長後の点を次回のゼロクロス検出開始点として定める( $n_5$ )。そして、ゼロクロス検出開始点を通過するまで同様にしてデータの読み出しおよび移動平均化を行う( $n_6 \rightarrow n_7 \rightarrow n_8 \rightarrow n_6 \dots$ )。このようにして予測基本波周波数における1周期の中央部およびその近傍ではゼロクロス点を検出しない。ゼロクロス検出開始点を通過すれば、ステップ $n_1 \sim n_3$ に示した処理と同様にして、ゼロクロス点を通過するまでデータの読み出しおよび移動平均化の処理を繰り返し行う( $n_9 \rightarrow n_{10} \rightarrow n_{11} \rightarrow n_9 \dots$ )。ゼロクロス点を通過したことを検出すれば、そのゼロクロス点を挟む2点の平均化されたデータを $Y_N$ ,  $Y_{N+1}$ として記憶する( $n_{12}$ )。その後、 $Y_0$ ,  $Y_1$ ,  $Y_N$ ,  $Y_{N+1}$ の4点のデータに基づき基本波周波数の周期Tを算出し、その逆数を周波数 $f'$ として算出する( $n_{13}$ )。すなわち、図1に示したように、 $Y_0$ と $Y_1$ で挟まれるゼロクロス点のタイミングは【数1】で示され、 $Y_N$ と $Y_{N+1}$ で挟まれるゼロクロス点のタイミングは【数2】で示され、周期Tは【数3】で示される。従って、周波数 $f'$ は【数4】で求める。続いて $f'$ の例えれば6周期分(6回分)の平均値 $f$ を算出し、これを周波数の測定結果として出力する( $n_{14}$ )。この周波数 $f'$ の平均化は、複数回分(例えれば6回分)毎に繰り返し求めてもよいし、毎回移動平均を行ってもよい。その後、ステップ $n_{12}$ で求めた $Y_N$ ,  $Y_{N+1}$ を $Y_0$ ,  $Y_1$ として記憶し、基本波周波数の3/4波長後の点を次回のゼロクロス検出開始点として決定する( $n_{16}$ )。その後は、ステップ $n_6$ へ戻り、以降同様の処理を繰り返す。このようにして予測基本波周波数における1周期の中央部およびその近傍ではゼロクロス点を検出しない。尚、ステップ $n_5$ での次回ゼロクロス検出開始点は予め設定されている入力信号の予測基本波周波数(60.0Hzまたは50.0Hz)の

3/4波長後の点として決定するが、ステップ $n_{16}$ では、ステップ $n_{13}$ で実際に求めた周期Tの3/4波長後の点を次回ゼロクロス検出開始点として決定する。

【0022】尚、上記実施形態ではサンプリングタイミングとは別に並行して周波数測定を行う例を示したが、サンプリングタイミング毎に、すなわち新たにサンプリングを行う毎に図6に示した処理を行ってリアルタイムで周波数を求めるこどもできるし、図5に示した処理を繰り返して一定時間分のサンプリングデータを蓄積してから、図6に示した処理によって周波数を求めるこどもできる。

【0023】また、上述した例では隣接する3点のデータについて移動平均化処理を行い、ゼロクロス点を挟む2点の平均化されたデータに基づいてゼロクロス点のタイミングを求めるようにしたが、他の方法によって、ゼロクロス点を挟む複数点のデータに基づいてゼロクロス点のタイミングを求めるようにした周波数測定装置の例を図7および図8を基に次に説明する。

【0024】その一つの方法は、図7に示すように、ゼロクロス点を挟む4点のデータ $Y_a$ ,  $Y_b$ ,  $Y_c$ ,  $Y_d$ に基づいて近似直線を最小二乗法により求め、その近似直線と0レベルとの交点をゼロクロスタイミングとして求める。また、もう一つの方法は、図8に示すように、ゼロクロス点を挟む内側の2点 $Y_b$ ,  $Y_c$ を結ぶ直線と0レベルとの交点のタイミング $t_b$ を求め、ゼロクロス点を挟む $Y_c$ ,  $Y_b$ より外側の2点 $Y_d$ ,  $Y_a$ を結ぶ直線と0レベルとの交点のタイミング $t_a$ を求め、 $t_a$ と $t_b$ の中間点を真のゼロクロスタイミングとして求める。

【0025】以上に示した幾つかの平均化処理によれば、入力信号に高レベルのノイズや高調波成分が含まれていても、また、サンプリング信号のAD変換時に生じるノーミッシングコード(量子化ステップ近傍での変換時のコードデータのばらつき)による影響が除かれて、高精度な周波数測定が可能となる。

#### 【0026】

【発明の効果】請求項1に係る発明によれば、入力信号が一定周期でサンプリングされ、これがデジタルデータに変換されてデータ列が求められ、このデータ列からそれぞれゼロクロス点を挟む複数点のデータに基づいて各々のゼロクロス点のタイミングが求められ、この隣接するゼロクロス点間の時間を入力信号の基本波周波数の1周期として基本波周波数が求められるため、入力信号のレベルにヒステリシスをもたせて二値化する必要がなく、且つ高調波やノイズによる影響を受けずに高精度に周波数測定を行える。

【0027】また、請求項2に係る発明によれば、入力信号が一定周期でサンプリングされ、そのデジタルデータのデータ列からゼロクロス点が検出され、隣接するゼロクロス点間の時間が入力信号の基本波周波数の1周期

として検出されて、当該入力信号の基本波周波数が求められるが、予め設定されている入力信号の予測基本波周波数における1周期の中央部およびその近傍でのゼロクロス点の検出が無効にされるため、入力信号に高調波やノイズが含まれていて、半周期付近に生じる擬似的なゼロクロス点が周波数測定に用いられず、高調波成分やノイズ成分が比較的多くても、正しく周波数測定が行われる。

【図面の簡単な説明】

【図1】入力信号とサンプリングタイミングおよびゼロクロスタイミングとの関係を示す図である。

【図2】ゼロクロス点の検出期間を示す図である。

【図3】この発明の実施形態に係る周波数測定装置の構

成を示すブロック図である。

【図4】ゼロクロス点のタイミングを求める方法を示す図である。

【図5】サンプリングタイミング毎に行われる割り込み処理の手順を示すフローチャートである。

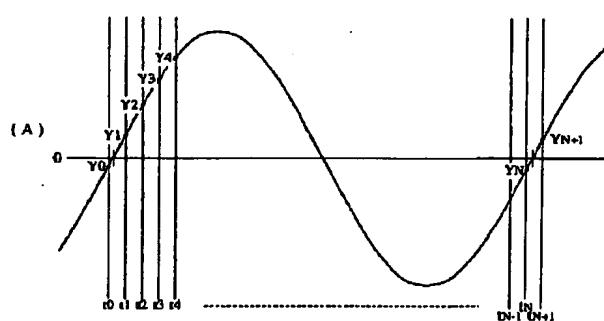
【図6】周波数測定の手順を示すフローチャートである。

【図7】他のゼロクロスタイミングの検出方法を示す図である。

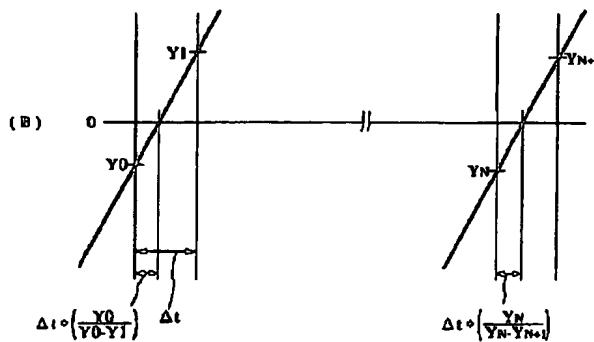
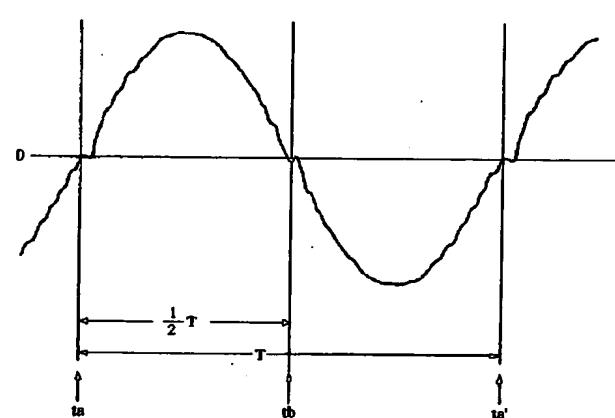
【図8】他のゼロクロスタイミングの検出方法を示す図である。

【図9】従来の周波数測定装置における波形を示す図である。

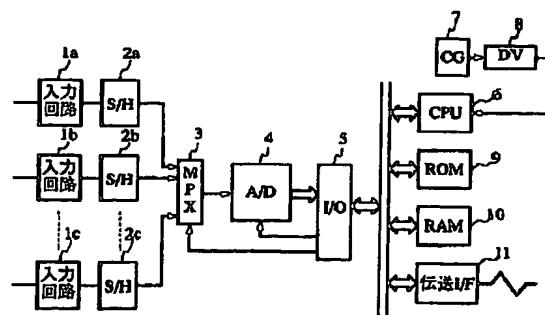
【図1】



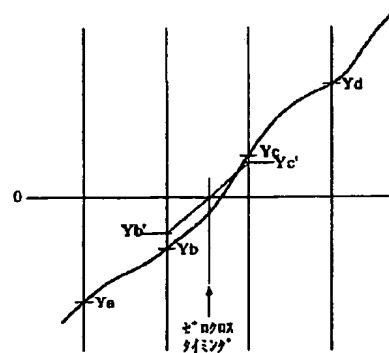
10 【図2】



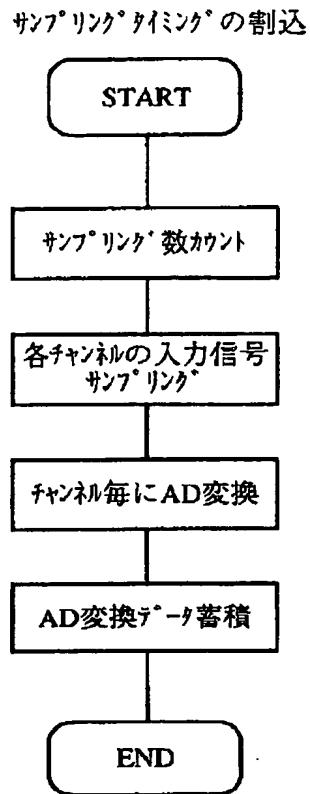
【図3】



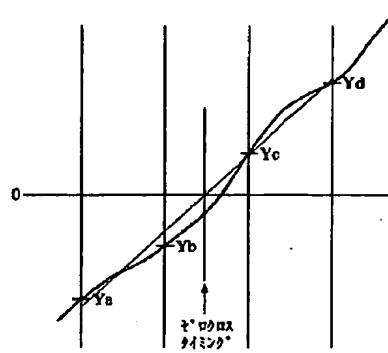
【図4】



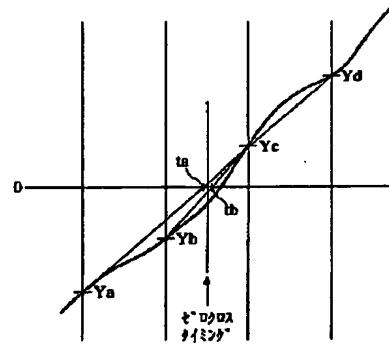
【図5】



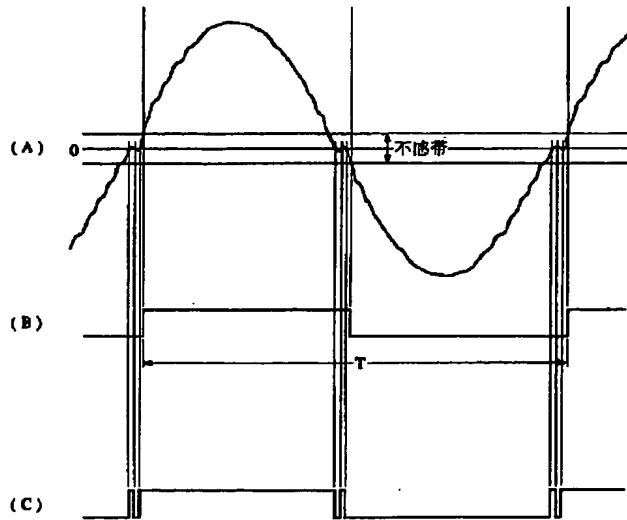
【図7】



【図8】



【図9】



【図6】

